

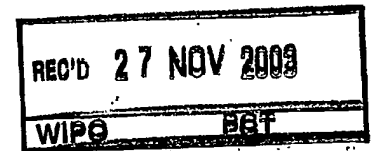
日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年    8 月 2 8 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 2 4 8 2 0 7  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 2 4 8 2 0 7 ]



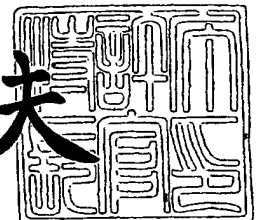
出 願 人                      コニカミノルタホールディングス株式会社  
Applicant(s):

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 1 1 月 1 3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 DTM00918  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G03B 27/58  
F16C 13/00

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカ株式会社内

【氏名】 木村 徹

## 【特許出願人】

【識別番号】 000001270

【氏名又は名称】 コニカ株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100107272

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 敬二郎

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100109140

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 小林 研一

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 052526

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0101340

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ピックアップ装置用の対物レンズ、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長 $\lambda$ の光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置に用いる対物レンズにおいて、

前記対物レンズは、プラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数をNA、前記対物レンズの焦点距離を $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

【請求項2】 第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに、その設計基準波長である波長 $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

で定義される $\Delta W$ が次式を満たすことを特徴とする請求項1に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

【請求項3】 前記対物レンズの設計基準波長 $\lambda_0$ は500 nm以下であって、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_0, T_0)$ とし、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前

記対物レンズに前記波長 $\lambda_0$ よりも5nm長い波長 $\lambda_1$ (nm)の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを $f_B(\lambda_1, T_0)$ としたとき、

$$\Delta f_B = |f_B(\lambda_1, T_0) - f_B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

で定義される $\Delta f_B$ が次式を満たすことを特徴とする請求項1または2のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$\Delta f_B < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

【請求項4】 波長 $\lambda$ の光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置に用いる対物レンズにおいて、

前記対物レンズは、複数の輪帯から構成され、かつ、隣り合う輪帯同士が、入射光に対して所定の光路差を生じるように形成された輪帯構造を、少なくとも1つの光学面上に有するプラスチック単レンズであって、

前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数をNA、前記対物レンズの焦点距離を $f$ (mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

【請求項5】 前記輪帯構造は、所定の入射光を回折させる機能を有する回折構造であって、前記対物レンズは、回折作用と屈折作用とを合わせた作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする請求項4に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項6】 前記対物レンズは、入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有することを特徴とする請求項5に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項7】 前記輪帯構造は、隣り合う輪帯同士が、互いに光軸方向に変位して形成されることで、入射光に対して前記所定の光路差を生じ、前記対物レンズは、屈折作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特

徴とする請求項 4 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 8】 前記対物レンズは、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯と、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯と、を少なくとも 1 つずつ有し、かつ、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯は、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯よりも、光軸に近い側に形成されたことを特徴とする請求項 7 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 9】 第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズにその設計基準波長である波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_0, T_0)$  とし、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長  $\lambda_0$  よりも 5 nm 長い波長  $\lambda_1$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_1, T_0)$  とし、第 2 の雰囲気温度  $T_1 = 55^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_2$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_2, T_1)$  としたとき、

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

で定義される  $\Delta W1$  及び  $\Delta W2$  が次式を満たすことを特徴とする請求項 4 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda \text{ rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda \text{ rms} \quad (12)$$

ただし、

$\lambda_0 < 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$  であり、

$\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$  である。

【請求項 10】 次式を満たすことを特徴とする請求項 9 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$\Delta W1 + \Delta W2 < 0.05 \lambda \text{ rms} \quad (13)$$

【請求項 11】 前記対物レンズの光軸上のレンズ厚さを  $d$  (mm)、焦点距離を  $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 10

のいずれか 1 項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

【請求項 12】 波長  $\lambda$  の光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、プラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を NA、前記対物レンズの焦点距離を  $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

【請求項 13】 第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに、その設計基準波長である波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_0, T_0)$  とし、第 2 の雰囲気温度  $T_1 = 55^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_0, T_1)$  としたとき、

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

で定義される  $\Delta W$  が次式を満たすことを特徴とする請求項 12 に記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

【請求項 14】 前記対物レンズの設計基準波長  $\lambda_0$  は 500 nm 以下であって、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを  $f_B(\lambda_0, T_0)$  とし、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長  $\lambda_0$  よりも 5 nm 長い波長  $\lambda_1$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを  $f_B(\lambda_1, T_0)$  としたとき、

$$\Delta f B = |f B(\lambda_1, T_0) - f B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

で定義される $\Delta f B$ が次式を満たすことを特徴とする請求項12または13のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta f B < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

【請求項15】 波長 $\lambda$ の光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、複数の輪帯から構成され、かつ、隣り合う輪帯同士が、入射光に対して所定の光路差を生じるように形成された輪帯構造を、少なくとも1つの光学面上に有するプラスチック単レンズであって、

前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を $NA$ 、前記対物レンズの焦点距離を $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする光ピックアップ装置。

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

【請求項16】 前記輪帯構造は、所定の入射光を回折させる機能を有する回折構造であって、前記対物レンズは、回折作用と屈折作用とを合わせた作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする請求項15に記載の光ピックアップ装置。

【請求項17】 前記対物レンズは、入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有することを特徴とする請求項16に記載の光ピックアップ装置。

【請求項18】 前記輪帯構造は、隣り合う輪帯同士が、互いに光軸方向に変位して形成されることで、入射光に対して前記所定の光路差を生じ、前記対物レンズは、屈折作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする請求項15に記載の光ピックアップ装置。

【請求項19】 前記対物レンズは、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内

側に変位して形成された輪帯と、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯と、を少なくとも1つずつ有し、かつ、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯は、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯よりも、光軸に近い側に形成されたことを特徴とする請求項18に記載の光ピックアップ装置。

【請求項20】 第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズにその設計基準波長である波長 $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長 $\lambda_0$ よりも5 nm長い波長 $\lambda_1$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_1, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 $\lambda_2$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_2, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

で定義される $\Delta W1$ 及び $\Delta W2$ が次式を満たすことを特徴とする請求項15乃至19のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

ただし、

$\lambda_0 < 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$  であり、

$\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$  である。

【請求項21】 次式を満たすことを特徴とする請求項20に記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta W1 + \Delta W2 < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13)$$

【請求項22】 前記対物レンズの光軸上のレンズ厚さを $d$  (mm)、焦点距離を $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項12乃至21のいずれか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$



【請求項 23】 波長 $\lambda$ の光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光情報記録再生装置において、

前記対物レンズは、プラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を NA、前記対物レンズの焦点距離を  $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする光情報記録再生装置。

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

【請求項 24】 第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに、その設計基準波長である波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_0, T_0)$  とし、第 2 の雰囲気温度  $T_1 = 55^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_0, T_1)$  としたとき、

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

で定義される  $\Delta W$  が次式を満たすことを特徴とする請求項 23 に記載の光情報記録再生装置。

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

【請求項 25】 前記対物レンズの設計基準波長  $\lambda_0$  は 500 nm 以下であって、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを  $f_B(\lambda_0, T_0)$  とし、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長  $\lambda_0$  よりも 5 nm 長い波長  $\lambda_1$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを  $f_B(\lambda_1, T_0)$  としたとき、

$$\Delta f_B = |f_B(\lambda_1, T_0) - f_B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

で定義される  $\Delta f_B$  が次式を満たすことを特徴とする請求項 23 または 24 のい

ずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。

$$\Delta f B < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

【請求項 26】 波長  $\lambda$  の光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光情報記録再生装置において、

前記対物レンズは、複数の輪帯から構成され、かつ、隣り合う輪帯同士が、入射光に対して所定の光路差を生じるように形成された輪帯構造を、少なくとも 1 つの光学面上に有するプラスチック単レンズであって、

前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を  $NA$ 、前記対物レンズの焦点距離を  $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする光情報記録再生装置。

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

【請求項 27】 前記輪帯構造は、所定の入射光を回折させる機能を有する回折構造であって、前記対物レンズは、回折作用と屈折作用とを合わせた作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする請求項 26 に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 28】 前記対物レンズは、入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有することを特徴とする請求項 27 に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 29】 前記輪帯構造は、隣り合う輪帯同士が、互いに光軸方向に変位して形成されることで、入射光に対して前記所定の光路差を生じ、前記対物レンズは、屈折作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする請求項 26 に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 30】 前記対物レンズは、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯と、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯と、を少なくとも 1 つずつ有し、かつ、前記光軸に近い側に

隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯は、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯よりも、光軸に近い側に形成されたことを特徴とする請求項 29 に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 31】 第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズにその設計基準波長である波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_0, T_0)$  とし、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長  $\lambda_0$  よりも 5 nm 長い波長  $\lambda_1$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_1, T_0)$  とし、第 2 の雰囲気温度  $T_1 = 55^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_2$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_2, T_1)$  としたとき、

$$\Delta W1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

で定義される  $\Delta W1$  及び  $\Delta W2$  が次式を満たすことを特徴とする請求項 26 乃至 30 のいずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。

$$\Delta W1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

ただし、

$\lambda_0 < 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$  であり、

$\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$  である。

【請求項 32】 次式を満たすことを特徴とする請求項 31 に記載の光情報記録再生装置。

$$\Delta W1 + \Delta W2 < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13)$$

【請求項 33】 前記対物レンズの光軸上のレンズ厚さを  $d$  (mm)、焦点距離を  $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項 23 乃至 32 のいずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、光ピックアップ装置、光情報記録再生装置及びそれらに用いる対物レンズに関し、特に、高密度な光情報記録又は再生が可能な光ピックアップ装置、光情報記録再生装置及びそれらに用いる対物レンズに関する。

**【0002】****【従来の技術】**

従来、CD、MO、DVDなどの光情報記録媒体の記録又は再生用の光ピックアップ装置又は光情報記録再生装置に用いられる対物レンズには、一般的にはプラスチック製の単レンズが用いられている。

**【0003】**

プラスチックレンズは、ガラスレンズに比べて比重が小さいため、フォーカシングやトラッキングのために対物レンズを駆動するアクチュエータの負担を軽減でき、又、その際における対物レンズの追従を高速的に行うことができるという利点がある。

**【0004】**

また、プラスチック材料を金型で射出成形して製造されるプラスチックレンズは、所望の金型を精度よく作製することで、高精度に大量生産することが可能であり、それによりレンズの高性能を安定して発揮できるにもかかわらず、低コスト化を図ることが可能となる。

**【0005】**

ところで、近年、波長400nm程度の青紫色半導体レーザ光源と、開口数(NA)が0.85程度まで高められた対物レンズを用いた新しい高密度光ディスクシステムの研究・開発が進んでいる。一例として、NA0.85、光源波長405nmの仕様で情報記録／再生を行う光ディスク(以下、本明細書ではかかる光ディスクを「高密度DVD」と呼ぶ)では、DVD(NA0.6、光源波長650nm、記憶容量4.7GB)と同じ大きさである直径12cmの光ディスクに対して、1面あたり20～30GBの情報の記録が可能である。

**【0006】**

ここで、かかる高密度DVD用の光ピックアップ装置において、高NAの対物

レンズをプラスチックレンズとした場合、温度変化に伴う屈折率変化により発生する球面収差（以下、本明細書ではかかる球面収差を「温度収差」と呼ぶ）が問題となる。かかる問題は、温度変化に伴う屈折率変化において、プラスチックレンズがガラスレンズに比べて2桁程度大きいことに起因して発生する。この温度収差は、NAの4乗に比例するので、高密度DVDに用いられるNA0.85の対物レンズをプラスチックレンズとした場合には、使用可能な温度範囲が非常に狭くなってしまうので、実使用上問題となる。

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

かかるプラスチック単レンズの温度収差を、その光学面上に形成した輪帯構造の回折作用を利用して補正する技術が特開平11-337818号公報に記載されている。

#### 【0008】

しかるに、この技術によりNA0.85のプラスチックレンズの温度収差を補正するためには、波長が変化した際の球面収差カーブの倒れ（以下、本明細書ではかかる球面収差カーブの倒れを「色の球面収差」と呼ぶ）を大きく設定する必要がある。このため、製造誤差により発振波長が基準となる波長からずれた半導体レーザを用いることができず、半導体レーザの選別が必要になって高コストを招く。

#### 【0009】

以下に、数値による具体例を示す。表1にレンズデータを示す対物レンズは、入射光束径3mm、焦点距離2.5mm、NA0.6、設計基準波長650nm、設計基準温度25℃のプラスチック単レンズであり、第1面（光源例の光学面）に形成した輪帯構造の回折作用により温度収差を補正している。一方、表2にレンズデータを示す対物レンズは、入射光束径3mm、焦点距離1.76mm、NA0.85、設計基準波長405nm、設計基準温度25℃のプラスチック単レンズであり、表1の対物レンズと同様に、第1面に形成した輪帯構造の回折作用により温度収差を補正している。尚、これ以降（表のレンズデータ含む）において、10のべき乗数（例えば、 $2.5 \times 10^{-3}$ ）を、E（例えば、 $2.5 \times$

E-3) を用いて表すものとする。

【表 1】

面番号	r (mm)	d (mm)	N650	$\nu d$	備考
0		$\infty$			光源
1	1.6603	2.0500	1.54090	56.7	対物レンズ
2	-4.5237	1.0105			
3	$\infty$	0.6000	1.57756	30.0	保護層
4	$\infty$				

非球面係数

	第1面	第2面
$\kappa$	-6.8755E-01	-7.9005E+00
A4	3.0995E-03	4.3885E-02
A6	2.6042E-04	-3.2001E-02
A8	4.5653E-05	1.1954E-02
A10	-1.2223E-04	-1.9590E-03

回折面係数

	第1面
b2	-2.3969E-03
b4	-7.8946E-04

【表 2】

面番号	r (mm)	d (mm)	N405	$\nu d$	備考
0		$\infty$			光源
1	1.2099	2.4500	1.56013	56.7	対物レンズ
2	-1.5783	0.3771			
3	$\infty$	0.1000	1.61950	30.0	保護層
4	$\infty$				

非球面係数

	第1面	第2面
$\kappa$	-7.1214E-01	-4.3724E+01
A4	5.4718E-03	5.2395E-01
A6	5.1672E-03	-1.1813E+00
A8	1.5578E-03	1.2111E+00
A10	1.0499E-03	-5.0156E-01
A12	-7.7777E-04	6.2662E-04
A14	-1.4455E-05	
A16	1.7285E-04	
A18	-2.2142E-05	
A20	-1.2407E-05	

回折面係数

	第1面
b2	-7.6944E-03
b4	-8.9900E-03
b6	1.1465E-03
b8	2.2677E-04
b10	-3.3067E-04

【0010】

かかる対物レンズにおける非球面は、光軸方向を X 軸、光軸に垂直な方向の高さを  $h$ 、光学面の曲率半径を  $r$  とするとき次の数 1 で表わせる。但し、 $\kappa$  を円すい係数、 $A_{2i}$  を非球面係数とする。

【数 1】

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)h^2/r^2}} + \sum_{i=2} A_{2i} h^{2i}$$

【0011】

さらに、かかる対物レンズにおいて、光学面上に形成された回折構造としての輪帯構造は、この回折構造により透過波面に付加される光路差で表される。かかる光路差は、光軸に垂直な方向の高さを  $h$ 、 $b_{2i}$  を回折面係数（光路差関数係数ともいう）とするとき次の数 2 により定義される光路差関数  $\Phi_b$  (mm) で表される。

【数 2】

$$\Phi_b = \sum_{i=1} b_{2i} h^{2i}$$

【0012】

この光路差関数  $\Phi_b$  (mm) の値をもとに対物レンズの光学面上に回折構造を形成する場合、光路差関数  $\Phi_b$  (mm) の値が所定の波長  $\lambda_B$  の  $n$  倍（ただし、 $n$  は自然数）変わる毎に輪帯を形成する。本明細書において、「回折構造が波長  $\lambda_B$ 、回折次数  $n$  で最適化されている」とは、このように回折構造が決定されていることを指し、波長  $\lambda_B$  を最適化波長または、製造波長と呼ぶ。

【0013】

表 3 にこの 2 つの対物レンズの雰囲気温度が 30℃ 上昇した際の温度収差の R

MS値と、入射する波長が設計基準波長より55nm長くなった際の色の球面収差のRMS値を示す。

【表3】

	温度収差(+30℃)	色の球面収差(+5nm)
NA0.6	0.010λ rms	0.003λ rms
NA0.85	0.014λ rms	0.057λ rms

【0014】

表3からわかるように、NA0.6の対物レンズは、温度収差を0.010λ rmsまで補正した場合でも、色の球面収差は0.003λ rmsにとどまるので、5nm波長がずれた半導体レーザを使用することができる。これに対し、NA0.85の対物レンズでは、NA0.6の対物レンズと同程度に温度収差を0.014λ rmsまで補正した場合、色の球面収差は0.057λ rmsとなってしまうので、5nm波長がずれた半導体レーザを使用することができないということになる。光ピックアップ装置において光源として用いられる半導体レーザは、製造誤差によりその発振波長に±5nm程度のばらつきがあるが、従って、NA0.85の対物レンズの場合は、半導体レーザの選別が必要となり、光ピックアップ装置の製造コストが上昇する。

【0015】

なお、表1及び表2の対物レンズでは、温度上昇に伴う屈折率の変化率をともに $-9.0 \times 10^{-5}$ とし、温度上昇に伴う入射光の波長の変化率をそれぞれ+0.2nm/℃、+0.05nm/℃としている。

【0016】

また、表1のレンズデータにおいて、r(mm)は曲率半径、d(mm)は面間隔、N650は波長650nmにおける屈折率、 $\nu_d$ はd線におけるアッペ数を表し、表2のレンズデータにおいて、r(mm)は曲率半径、d(mm)は面間隔、N405は波長405nmにおける屈折率、 $\nu_d$ はd線におけるアッペ数を表す。

【0017】

更に、かかる高密度DVD用の光ピックアップ装置のように、400nm程度



の短波長の光を発生する青紫色半導体レーザを光源として用いる場合には、対物レンズで発生する軸上色収差が問題となる。光ピックアップ装置において、半導体レーザから出射されるレーザ光は一般に単一波長（シングルモード）であるので、対物レンズの色収差は問題にはならないと思われているが、実際には、温度変化や出力変化等により中心波長が瞬時的に数 nm 変化するモードホッピングと呼ばれる現象を起こす。モードホッピングは、対物レンズのフォーカシング機構が追従できないような瞬時的に起こる波長変化なので、対物レンズの軸上色収差が補正されていないと、結像位置の移動量に対応したデフォーカス成分が付加され、対物レンズの集光性能が劣化するという問題が生じる。

#### 【0018】

対物レンズに用いられる一般的なレンズ材料の分散は、赤外半導体レーザや赤色半導体レーザの波長領域である 600 nm 乃至 800 nm においては、それほど大きくないので、CD や DVD では、モードホッピングによる対物レンズの集光性能の劣化は問題にはならなかった。

#### 【0019】

ところが、青紫色半導体レーザの波長領域である 400 nm 近傍では、レンズ材料の分散は非常に大きくなるので、わずか数 nm の波長変化でも、対物レンズの結像位置は大きくずれる。そのため、高密度 DVD では、半導体レーザ光源がモードホッピングを起こした場合、対物レンズの集光性能が大きく劣化し、安定した記録や再生が行えない恐れがある。

#### 【0020】

本発明は、上述のような事情に鑑みてなされたものであり、高 NA の対物レンズを使用する光ピックアップ装置の対物レンズとして適用可能なプラスチック単レンズであって、利用可能な温度範囲が十分に広く、かつ、光源のモードホッピングによる集光性能の劣化の小さいプラスチック単レンズを提供することを目的とする。

#### 【0021】

本発明は、さらに、高 NA の対物レンズを使用する光ピックアップ装置の対物レンズとして適用可能なプラスチック単レンズであって、利用可能な温度範囲を

広げるために温度収差を補正した場合でも、色の球面収差が大きくなりすぎるこ  
とがなく、光ピックアップ装置の製造工程において、半導体レーザ光源の選別を  
不要とすることができるプラスチック単レンズを提供することを目的とする。

#### 【0022】

更に本発明は、これらのプラスチック単レンズを対物レンズとして搭載した光  
ピックアップ装置及び、この光ピックアップ装置を搭載した光情報記録再生装置  
を提供することを目的とする。

#### 【0023】

##### 【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、波長 $\lambda$ の光源と、前  
記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対  
物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を  
、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又  
は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置に用いる対物レンズにおいて、

前記対物レンズは、プラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対  
して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を  
NA、前記対物レンズの焦点距離を $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを  
特徴とする。

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

#### 【0024】

温度変化に伴う、プラスチック単レンズの屈折率変化による球面収差の変化量  
(温度収差) は、焦点距離とNAの4乗とに比例して大きくなる。従って、光情  
報記録媒体の高密度化のためにNAを大きくした場合でも、それに応じて焦点距  
離を小さくすれば、温度収差を比較的小さく抑えることが可能となる。そこで、  
請求項1に記載の対物レンズは、焦点距離の上限を(2)式のように定めること  
で、NAが(1)式を満たすような高NAのプラスチック単レンズであっても、  
温度収差が大きくなりすぎないようにしている。更に、屈折型のプラスチック単  
レンズでは、温度収差を完全にゼロとするのは不可能であるが、焦点距離が(2)

式) 式の上限を越えないようにすることで、光ピックアップ装置における実使用上の温度範囲内での温度収差を許容範囲内に抑えることができる。

#### 【0025】

一方、焦点距離を小さくすることは、温度収差の発生量を小さく抑えるという観点からは有利となるが、焦点距離が小さくなりすぎると、作動距離や像高特性という観点からは不利となる。高NA対物レンズの設計においては、作動距離の確保は光情報記録媒体との衝突を防ぐうえで非常に重要な問題であり、焦点距離が小さくなりすぎると、その分作動距離が失われるので好ましくない。また、相対的に焦点距離が大きい対物レンズと同じ像高を得ようとする、相対的に焦点距離が小さい対物レンズへの入射角度が大きくなるので非点収差やコマ収差が劣化する。従って、対物レンズの焦点距離を小さくするのは、像高特性の観点からも好ましくないといえる。そこで、請求項1に記載の対物レンズは、焦点距離の下限を(2)式のように定めることで、必要十分な作動距離と像高特性を確保した。

#### 【0026】

請求項2に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、第1の雰囲気温度 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに、その設計基準波長である波長 $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_0, T_1)$ としたとき、

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

で定義される $\Delta W$ が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

#### 【0027】

光ピックアップ装置において、光情報記録媒体に対して適切に情報の記録及び／又は再生を行うためには、その集光光学系の波面収差のRMS値が $0.07 \lambda_{rms}$ 以下(ただし、 $\lambda$ は光源波長である)を満たす必要がある(マレシャル限界)。実際の集光光学系には対物レンズのほかに、プリズム、立ち上げミラー、

偏光ビームスプリッタ、コリメータ等の光学素子が含まれるので、対物レンズに許容される波面収差の上限は  $0.035\lambda_{rms}$  程度となる。(3)式は、請求項2に記載の対物レンズが、その温度収差において満たすのが好ましい波面収差の上限を規定する式であって、室温(25℃)から30℃の温度上昇でその波面収差の変化量が  $0.035\lambda_{rms}$  より小さければ、光ピックアップ装置における実使用上の温度範囲内で、光情報記録媒体に対して良好に情報の記録/再生が行うことができることを意味している。

#### 【0028】

請求項3に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、前記対物レンズの設計基準波長  $\lambda_0$  は500nm以下であって、第1の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを  $f_B(\lambda_0, T_0)$  とし、第1の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長  $\lambda_0$  よりも5nm長い波長  $\lambda_1$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを  $f_B(\lambda_1, T_0)$  としたとき、

$$\Delta f_B = |f_B(\lambda_1, T_0) - f_B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

で定義される  $\Delta f_B$  が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta f_B < 0.001\text{mm} \quad (6)$$

#### 【0029】

半導体レーザのモードホッピングによる軸上色収差は、焦点距離に比例して大きくなる。従って、前記光源として例えば青紫色半導体レーザを使用する場合でも、それに応じて焦点距離を小さくすれば、軸上色収差を比較的小さく抑えることが可能となる。屈折型の単レンズでは、色収差を完全にゼロとするのは不可能であるが、請求項3に記載の対物レンズのように、焦点距離を(2)式を満たすように設定して、光源として青紫色半導体レーザを使用する対物レンズにおいて、入射する波長が5nm長くなった際のバックフォーカスの変化量を  $0.001\text{mm}$  より小さくなるようにすれば((6)式)、青紫色半導体レーザのモードホッピングによる波長変化量に対して、デフォーカス成分を含んだ波面収差の変化量を  $0.035\lambda_{rms}$  より小さく抑えることができるので、再生状態から記録

状態へと切り替える際にモードホッピングが起こっても集光性能が大きく劣化することはない。

### 【0030】

請求項4に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、波長 $\lambda$ の光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置に用いる対物レンズにおいて、前記対物レンズは、複数の輪帯から構成され、かつ、隣り合う輪帯同士が、入射光に対して所定の光路差を生じるように形成された輪帯構造を、少なくとも1つの光学面上に有するプラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数をNA、前記対物レンズの焦点距離を $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

### 【0031】

前記開口数NAが(7)式を満たすようなプラスチック対物レンズにおいては、利用可能な温度範囲を広げるために、温度変化に伴う屈折率変化により発生する球面収差(温度収差)を、その光学面上に形成した輪帯構造の作用により補正した場合、波長が変化した際の球面収差カーブの倒れ(色の球面収差)が大きくなりすぎてしまい、製造誤差により発振波長が基準となる波長からずれた半導体レーザを用いることができず、半導体レーザの選別が必要となる。

### 【0032】

しかるに、上述したように、プラスチック対物レンズの屈折率変化による球面収差の変化量は、焦点距離とNAの4乗とに比例して大きくなる。従って、光情報記録媒体の高密度化のためにNAが大きくなった場合でも、それに応じて焦点距離を小さくすれば、対物レンズの屈折率変化による球面収差を比較的小さく抑えることが可能となる。

## 【0033】

そこで、請求項4に記載の対物レンズでは、焦点距離の上限を（8）式のように定めることで、輪帯構造の作用による温度収差の補正量を小さく抑えたので、温度収差の補正後の色の球面収差が大きくなりすぎないようにできる。その結果、本発明による対物レンズを搭載する光ピックアップ装置においては、その製造工程において半導体レーザの選別が不要となるので製造コストを抑えることができる。一方、焦点距離を小さくすることは、上述したように、温度収差の補正量という観点からは有利となるが、焦点距離が小さくなりすぎると、作動距離や像高特性という観点からは不利となる。そこで本発明による対物レンズでは、焦点距離の下限を（8）式のように定めることで、必要十分な作動距離と像高特性を確保したのである。

## 【0034】

なお、本明細書において、対物レンズとは、狭義には光ピックアップ装置に光記録媒体を装填した状態において、最も光情報記録媒体側の位置で、これと対向すべく配置される集光作用を有するレンズを指し、広義にはそのレンズとともに、アクチュエータによって少なくともその光軸方向に作動可能なレンズを指すものとする。従って、本明細書において、対物レンズの光情報記録媒体側（像側）の開口数とは、対物レンズの最も光情報記録媒体側に位置するレンズ面の開口数を指すものである。また、本明細書では、必要（な所定の）開口数は、それぞれの光情報記録媒体の規格で規定されている開口数、あるいは、それぞれの光情報記録媒体に対して、使用する光源の波長に応じ、情報の記録または再生をするために必要なスポット径を得ることができる、回折限界性能を有する対物レンズの開口数を指すものとする。

## 【0035】

また、本明細書において、情報の記録とは、上記のような光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録することをいう。また、本明細書において、情報の再生とは、上記のような光情報記録媒体の情報記録面上に記録された情報を再生することをいう。本発明による対物レンズは、記録だけあるいは再生だけを行うために用いられるものであってもよいし、記録および再生の両方を行うために用いら

れるものであってもよい。また、ある光情報記録媒体に対しては記録を行い、別の光情報記録媒体に対しては再生を行うために用いられるものであってもよいし、ある光情報記録媒体に対しては記録または再生を行い、別の光情報記録媒体に対しては記録および再生を行うために用いられるものであってもよい。なお、ここでいう再生とは、単に情報を読み取ることを含むものである。

#### 【0036】

請求項5に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、前記輪帯構造は、所定の入射光を回折させる機能を有する回折構造であって、前記対物レンズは、回折作用と屈折作用とを合わせた作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成すると、上述した作用を効果的に発揮できるので好ましい。

#### 【0037】

請求項6に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有すると好ましい。

#### 【0038】

通常、プラスチック単レンズは温度上昇により屈折率が小さくなるので、補正過剰方向に球面収差が変化する、一方、半導体レーザの発振波長は、一般的に温度上昇により長くなる方向に変化する傾向がある。したがって、回折構造の作用により上記のような球面収差特性を対物レンズに持たせることで、温度上昇に伴う屈折率変化により補正過剰となる球面収差の変化を、温度上昇による半導体レーザの発振波長の変化により補正不足となる球面収差の変化により打ち消すことができる。高NAのプラスチック単レンズであっても、本発明による対物レンズは焦点距離が(8)式を満足するので、回折構造の作用による温度収差の補正量が小さく、温度収差の補正後の色の球面収差が大きくなりすぎることはない。

#### 【0039】

なお、本明細書において、回折構造が形成された光学面（回折面）とは、光学素子の表面、例えばレンズの表面に、レリーフを設けて、入射光束を回折させる作用を持たせる面のことをいい、同一の光学面に回折を生じる領域と生じない領域がある場合は、回折を生じる領域をいう。また、回折構造または回折パターン

とは、この回折を生じる領域のことをいう。レリーフの形状としては、例えば、光学素子の表面に、光軸を中心として略同心円状の輪帯として形成され、光軸を含む平面でその断面をみれば、各輪帯は鋸歯状、あるいは階段状のような形状が知られているが、そのような形状を含むものである。

#### 【0040】

更に、回折構造が形成された光学面（回折面）からは、0次回折光、±1次回折光、±2次回折光・・・、と無数の次数の回折光が生じるが、例えば、上記のような子午断面が鋸歯状となるレリーフを持つ回折面の場合は、特定の次数の回折効率を他の次数の回折効率よりも高くしたり、場合によっては、特定の1つの次数（例えば、+1次回折光）の回折効率をほぼ100%とするように、このレリーフの形状を設定することができる。本発明において、「回折構造が波長 $\lambda$  B、回折次数 $n$ で最適化されている」とは、波長 $\lambda$  Bの光が入射したときに、回折次数 $n$ の回折光の回折効率が理論的に100%となるように、回折構造（レリーフ）の形状を設定することを指す。

#### 【0041】

請求項7に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、前記輪帯構造は、隣り合う輪帯同士が、互いに光軸方向に変位して形成されることで、入射光に対して前記所定の光路差を生じ、前記対物レンズは、屈折作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成すると、上述した作用を効果的に発揮できるので好ましい。

#### 【0042】

請求項8に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯と、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯と、を少なくとも1つずつ有し、かつ、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯は、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯よりも、光軸に近い側に形成されていると、このように輪帯構造を構成することで温度収差を良好に補正することができるので好ましい。

#### 【0043】



ここで、輪帯構造が第1面（光源側の光学面）に形成されている場合、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成される」とは、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも、第2面（光情報記録媒体側の光学面）の方向に変位して形成される」ことを指し、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成される」とは、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも、第2面（光情報記録媒体側の光学面）の方向とは反対の方向に変位して形成される」ことを指す。また、輪帯構造が第2面（光情報記録媒体側の光学面）に形成されている場合、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成される」とは、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも、第1面（光源側の光学面）の方向に変位して形成される」ことを指し、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成される」とは、「光軸近い側に隣接する輪帯よりも、第1面（光源側の光学面）の方向とは反対の方向に変位して形成される」ことを指す。

#### 【0044】

請求項9に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、第1の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズにその設計基準波長である波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を  $W(\lambda_0, T_0)$  とし、第1の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長  $\lambda_0$  よりも5nm長い波長  $\lambda_1$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を  $W(\lambda_1, T_0)$  とし、第2の雰囲気温度  $T_1 = 55^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_2$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を  $W(\lambda_2, T_1)$  としたとき、

$$\Delta W_1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W_2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

で定義される  $\Delta W_1$  及び  $\Delta W_2$  が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta W_1 < 0.035 \lambda_{\text{rms}} \quad (11)$$

$$\Delta W_2 < 0.035 \lambda_{\text{rms}} \quad (12)$$

ただし、

$\lambda_0 < 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$  であり、

$\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$  である。

#### 【0045】

高NAのプラスチックレンズでは、光学面上に形成した輪帯構造の作用により温度収差を完全に補正すると、焦点距離が(8)式を満たす場合でも、色の球面収差が大きくなりすぎてしまい、発振波長が基準となる波長からずれた半導体レーザを用いることができなく恐れがあるので、レンズ設計においては、温度収差の補正と色の球面収差の発生量とのバランスをとる必要がある。ここで、(9)式は、温度が30℃上昇した場合の温度収差に対応した式であり、(10)式は、入射光の波長が5 nm変化した場合の色の球面収差に対応した式である。本発明による対物レンズは、温度収差、色の球面収差、及び、色の球面収差と温度収差との合成収差がそれぞれ(11)、(12)及び後述する(13)式を満たすのが好ましい。

#### 【0046】

なお、請求項9の対物レンズに関し、 $\lambda_0 < 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$  という条件は、青紫色半導体レーザの温度上昇による発振波長の変化(+0.05 nm/℃)に対応し、 $\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$  という条件は、赤色半導体レーザの温度上昇による発振波長の変化(+0.2 nm/℃)に対応している。

#### 【0047】

又、本明細書において、対物レンズの設計基準波長とは、対物レンズに対して、同じ条件(結像倍率、温度、入射光束径等)で様々な波長の光を入射させた場合に、対物レンズの残留収差が最小になる波長のことをいう。更に、本明細書において、対物レンズの設計基準温度とは、対物レンズに対して、同じ条件(結像倍率、波長、入射光束径等)で様々な環境温度下において対物レンズの残留収差を測定した場合に、対物レンズの残留収差が最小になる温度のことをいう。

#### 【0048】

請求項10に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、次式を満たすと好ましい。

$$\Delta W1 + \Delta W2 < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13)$$

## 【0049】

請求項11に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、前記対物レンズの光軸上のレンズ厚さを  $d$  (mm)、焦点距離を  $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

## 【0050】

(14) 式は、焦点距離が (2) 式及び (8) 式を満たすような小径の高 NA 対物レンズにおいて、良好な像高特性、十分な製造公差、及び十分な作動距離を確保するための条件であり、 $d/f$  の値が (14) 式の下限より大きいと、像高特性を波面収差で評価したときの 3 次非点収差成分が大きくなりすぎず、5 次以上の高次コマ収差成分が大きくなりすぎないという利点がある。一方、その上限未満であると、像高特性を波面収差で評価したときの 3 次球面収差成分、5 次非点収差成分、3 次コマ収差成分、及び非点隔差が大きくなりすぎないという利点がある。さらに、光源側の光学面の歯車半径が小さくなりすぎないので、光学面同士の光軸ずれによるコマ収差の発生を抑制でき、十分な製造公差を確保できる。また、 $d/f$  が (14) 式の上限未満であると、レンズ厚さが大きくなりすぎないので、レンズを軽量とすることができ、より小型のアクチュエータでの駆動が可能となるとともに、作動距離を十分に確保することができる。

## 【0051】

請求項12に記載の光ピックアップ装置は、波長  $\lambda$  の光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、プラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を NA、前記対物レンズの焦点距離を  $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1. \quad 0 > f > 0.2 \quad (2)$$

本発明の作用効果は、請求項 1 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0052】

請求項 13 に記載の光ピックアップ装置は、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに、その設計基準波長である波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_0, T_0)$  とし、第 2 の雰囲気温度  $T_1 = 55^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_0, T_1)$  としたとき、

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

で定義される  $\Delta W$  が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

本発明の作用効果は、請求項 2 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0053】

請求項 14 に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズの設計基準波長  $\lambda_0$  は  $500\text{ nm}$  以下であって、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを  $f_B(\lambda_0, T_0)$  とし、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長  $\lambda_0$  よりも  $5\text{ nm}$  長い波長  $\lambda_1$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを  $f_B(\lambda_1, T_0)$  としたとき、

$$\Delta f_B = |f_B(\lambda_1, T_0) - f_B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

で定義される  $\Delta f_B$  が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta f_B < 0.001\text{ mm} \quad (6)$$

本発明の作用効果は、請求項 3 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0054】

請求項 15 に記載の光ピックアップ装置は、波長  $\lambda$  の光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録

媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、複数の輪帯から構成され、かつ、隣り合う輪帯同士が、入射光に対して所定の光路差を生じるように形成された輪帯構造を、少なくとも 1 つの光学面上に有するプラスチック単レンズであって、

前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を  $NA$ 、前記対物レンズの焦点距離を  $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

本発明の作用効果は、請求項 4 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0055】

請求項 16 に記載の光ピックアップ装置は、前記輪帯構造は、所定の入射光を回折させる機能を有する回折構造であって、前記対物レンズは、回折作用と屈折作用とを合わせた作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することとを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 5 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0056】

請求項 17 に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズは、入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 6 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0057】

請求項 18 に記載の光ピックアップ装置は、前記輪帯構造は、隣り合う輪帯同士が、互いに光軸方向に変位して形成されることで、入射光に対して前記所定の光路差を生じ、前記対物レンズは、屈折作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 7 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0058】

請求項 19 に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズは、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯と、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯と、を少なくとも 1 つずつ有し、かつ、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯は、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯よりも、光軸に近い側に形成されたことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 8 に記載の発明の作用効果と同様である。

### 【0059】

請求項 20 に記載の光ピックアップ装置は、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズにその設計基準波長である波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_0, T_0)$  とし、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長  $\lambda_0$  よりも 5 nm 長い波長  $\lambda_1$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_1, T_0)$  とし、第 2 の雰囲気温度  $T_1 = 55^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_2$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_2, T_1)$  としたとき

$$\Delta W_1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W_2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

で定義される  $\Delta W_1$  及び  $\Delta W_2$  が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta W_1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W_2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

ただし、

$\lambda_0 < 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$  であり、

$\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$  である。

本発明の作用効果は、請求項 9 に記載の発明の作用効果と同様である。

### 【0060】

請求項 21 に記載の光ピックアップ装置は、次式を満たすと好ましい。

$$\Delta W_1 + \Delta W_2 < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13)$$

本発明の作用効果は、請求項 10 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0061】

請求項 22 に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズの光軸上のレンズ厚さを  $d$  (mm)、焦点距離を  $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

本発明の作用効果は、請求項 11 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0062】

請求項 23 に記載の光情報記録再生装置は、波長  $\lambda$  の光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光情報記録再生装置において、前記対物レンズは、プラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を  $NA$ 、前記対物レンズの焦点距離を  $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$NA \geq 0.8 \quad (1)$$

$$1.0 > f > 0.2 \quad (2)$$

本発明の作用効果は、請求項 1 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0063】

請求項 24 に記載の光情報記録再生装置は、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに、その設計基準波長である波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_0, T_0)$  とし、第 2 の雰囲気温度  $T_1 = 55^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_0, T_1)$  としたとき、

$$\Delta W = |W(\lambda_0, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (3)$$

で定義される  $\Delta W$  が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta W < 0.035 \lambda_{rms} \quad (4)$$

本発明の作用効果は、請求項 2 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0064】

請求項 25 に記載の光情報記録再生装置は、前記対物レンズの設計基準波長  $\lambda_0$  は 500 nm 以下であって、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを  $f_B(\lambda_0, T_0)$  とし、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長  $\lambda_0$  よりも 5 nm 長い波長  $\lambda_1$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズのバックフォーカスを  $f_B(\lambda_1, T_0)$  としたとき、

$$\Delta f_B = |f_B(\lambda_1, T_0) - f_B(\lambda_0, T_0)| \quad (5)$$

で定義される  $\Delta f_B$  が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta f_B < 0.001 \text{ mm} \quad (6)$$

本発明の作用効果は、請求項 3 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0065】

請求項 26 に記載の光情報記録再生装置は、波長  $\lambda$  の光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを有し、前記集光光学系が、前記光源からの光束を、光情報記録媒体の情報記録面に集光させることによって、情報の記録及び／又は再生を行うことが可能な光情報記録再生装置において、前記対物レンズは、複数の輪帯から構成され、かつ、隣り合う輪帯同士が、入射光に対して所定の光路差を生じるように形成された輪帯構造を、少なくとも 1 つの光学面上に有するプラスチック単レンズであって、前記光情報記録媒体に対して情報を記録及び／または再生するのに必要な前記対物レンズの像側開口数を NA、前記対物レンズの焦点距離を  $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$NA \geq 0.8 \quad (7)$$

$$1.3 > f > 0.2 \quad (8)$$

本発明の作用効果は、請求項 4 に記載の発明の作用効果と同様である。

【0066】

請求項 27 に記載の光情報記録再生装置は、前記輪帯構造は、所定の入射光を



回折させる機能を有する回折構造であって、前記対物レンズは、回折作用と屈折作用とを合わせた作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 5 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0067】

請求項 28 に記載の光情報記録再生装置は、前記対物レンズは、入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 6 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0068】

請求項 29 に記載の光情報記録再生装置は、前記輪帯構造は、隣り合う輪帯同士が、互いに光軸方向に変位して形成されることで、入射光に対して前記所定の光路差を生じ、前記対物レンズは、屈折作用により前記情報記録面に集光する集光波面を形成することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 7 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0069】

請求項 30 に記載の光情報記録再生装置は、前記対物レンズは、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯と、光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯と、を少なくとも 1 つずつ有し、かつ、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも内側に変位して形成された輪帯は、前記光軸に近い側に隣接する輪帯よりも外側に変位して形成された輪帯よりも、光軸に近い側に形成されたことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 8 に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0070】

請求項 31 に記載の光情報記録再生装置は、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズにその設計基準波長である波長  $\lambda_0$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差の RMS 値を  $W(\lambda_0, T_0)$  とし、第 1 の雰囲気温度  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  の環境温度下において、前記対物レンズに前記波長  $\lambda_0$  よりも 5 nm 長い波長  $\lambda_1$  (nm) の光を入射させた際の前記対

物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_1, T_0)$ とし、第2の雰囲気温度 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ の環境温度下において、前記対物レンズに波長 $\lambda_2$  (nm) の光を入射させた際の前記対物レンズの残留収差のRMS値を $W(\lambda_2, T_1)$ としたとき

$$\Delta W_1 = |W(\lambda_2, T_1) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (9)$$

$$\Delta W_2 = |W(\lambda_1, T_0) - W(\lambda_0, T_0)| \quad (10)$$

で定義される $\Delta W_1$ 及び $\Delta W_2$ が次式を満たすことを特徴とする。

$$\Delta W_1 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (11)$$

$$\Delta W_2 < 0.035 \lambda_{rms} \quad (12)$$

ただし、

$\lambda_0 < 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 1.5 \text{ (nm)}$  であり、

$\lambda_0 \geq 600 \text{ nm}$  のとき、 $\lambda_2 = \lambda_0 + 6 \text{ (nm)}$  である。

本発明の作用効果は、請求項9に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0071】

請求項32に記載の光情報記録再生装置は、次式を満たすと好ましい。

$$\Delta W_1 + \Delta W_2 < 0.05 \lambda_{rms} \quad (13)$$

本発明の作用効果は、請求項10に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0072】

請求項33に記載の光情報記録再生装置は、前記対物レンズの光軸上のレンズ厚さを $d$  (mm)、焦点距離を $f$  (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$0.8 < d/f < 1.8 \quad (14)$$

本発明の作用効果は、請求項11に記載の発明の作用効果と同様である。

#### 【0073】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明による実施の形態について図面を用いて説明する。図1は、本実施の形態の対物レンズ1を示す概略図であり、(A)は正面図、(B)は側面図、(C)は側面を一部拡大した図である。この対物レンズ1は、例えば、青紫色半導体レーザのような短波長光源を使用する高密度DVDやMO等を記録/再生

するための光ピックアップ装置に適用され、光源から発したレーザ光を光ディスクの情報記録面上に集光させる機能を有している。

#### 【0074】

対物レンズ1は、非球面である2つの光学面2、3を有する両凸のプラスチック単レンズであり、一方の光学面2上に図1(A)に示したように光軸を中心とした同心円上の回折構造としての輪帯構造が形成されている。この輪帯構造は、図1(C)に示したように、フレネルレンズのように各輪帯の境界に光軸方向に段差 $\Delta$ を持つ。この輪帯構造の任意の輪帯に入射したレーザ光は、その輪帯の光軸に垂直な方向の幅（本明細書では、かかる輪帯の光軸に垂直な方向の幅を「輪帯ピッチ」と呼ぶ）によって決定される方向に回折する。

#### 【0075】

この輪帯構造は、入射光の波長が長波長側に变化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有している。プラスチック単レンズは温度上昇により屈折率が小さくなるので、補正過剰方向に球面収差が変化する。一方、半導体レーザの発振波長は、温度上昇により長くなる方向に変化する。例えば、青紫色半導体レーザは温度上昇により $+0.05\text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ 発振波長の変化するので、温度が $+30^{\circ}\text{C}$ 上昇した場合には、 $1.5\text{ nm}$ 波長が長波長側に变化する。したがって、輪帯構造の回折作用により入射光の波長が長波長側に变化した際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を対物レンズに持たせることで、温度上昇に伴う屈折率変化により補正過剰となる球面収差の変化を、温度上昇による半導体レーザの発振波長の変化により補正不足となる球面収差の変化により打ち消すことができる。

#### 【0076】

このように、輪帯構造の回折作用により、温度収差を補正するためには、故意に色の球面収差を発生させる必要がある。ところが、高NAプラスチック単レンズの温度収差を完全に補正使用とすると、色の球面収差の発生量を大きく設定しなくてはならず、製造誤差により発振波長が基準となる波長からずれた半導体レーザを用いることができない。そこで、対物レンズ1では、温度収差の補正量を小さくするために、焦点距離を(8)式を満たすように設定し、さらに、温度収

差の補正と色の球面収差の発生量とがそれぞれ(11)乃至(13)式を満たすように両者の間のバランスをとったので、高NAのプラスチック単レンズでありながら、温度収差と色の球面収差とがともに良好なレンズとなっている。

#### 【0077】

図2は、別の実施の形態の対物レンズ4を示す概略図であり、(A)は正面図、(B)は側面図である。この対物レンズ4は、対物レンズ1と同様に、青紫色半導体レーザのような短波長光源を使用する高密度DVDやMO等を記録／再生するための光ピックアップ装置に適用され、光源から発したレーザ光を光ディスクの情報記録面上に集光させる機能を有している。

#### 【0078】

対物レンズ4は、非球面である2つの光学面5、6を有する両凸のプラスチック単レンズであり、一方の光学面5上に図2(A)に示したように光軸を中心とした同心円上の輪帯構造が形成されている。この輪帯構造は、フレネルレンズのように各輪帯の境界に光軸方向に段差 $\Delta$ を持ち、各段差 $\Delta$ は、設計基準温度である25℃において、隣り合う輪帯を透過したレーザ光は波長の整数倍だけ光路差が異なるように決定されている。

#### 【0079】

この輪帯構造は、さらに、図2(B)に示すように、内側に隣接する輪帯よりも光路長が短くなるように光軸方向に変位して形成された輪帯と、内側に隣接する輪帯よりも光路長が長くなるように光軸方向に変位して形成された輪帯とを、少なくとも1つずつ有し、かつ、内側に隣接する輪帯よりも光路長が短くなるように光軸方向に変位して形成された輪帯は、内側に隣接する輪帯よりも光路長が長くなるように光軸方向に変位して形成された輪帯よりも光軸に近い側に形成されている。以下に、このように決定された輪帯構造によるプラスチック単レンズの温度収差を補正の原理を説明する。

#### 【0080】

図3は、非球面である2つの光学面を有する両凸のプラスチック単レンズの、設計基準温度から30℃温度が上昇した場合の波面の様子を表す図であり、図3の横軸が光学面の有効半径を表し、縦軸が光路差を表す。プラスチック単レンズ

は、温度上昇に伴う屈折率変化の影響で球面収差が発生し、図3の線図A gのように波面が変化する。また、図3の線図B gは、上記のように決定された輪帯構造により透過波面に付加される光路差を示し、図3の線図C gは、設計基準温度から30℃温度が上昇した場合の、かかる輪帯構造とプラスチック単レンズとを透過した波面の様子を表している。線図B g及びC gから、かかる輪帯構造を透過した波面と、設計基準温度から30℃温度が上昇した場合のプラスチック単レンズの波面とが打ち消しあうことで、光ディスクの情報記録面上に集光されたレーザ光の波面は、巨視的にみると光路差のない良好な波面となり、かかる輪帯構造によりプラスチック単レンズの温度収差が補正されることが理解できる。

#### 【0081】

回折構造としての輪帯構造の回折作用により温度収差を補正する場合と同様に、上記のように決定された輪帯構造の作用により、高NAプラスチック単レンズの温度収差補正する場合には、温度収差を完全に補正しようとする、色の球面収差の発生量が大きくなりすぎてしまい、製造誤差により発振波長が基準となる波長からずれた半導体レーザを用いることができない。

#### 【0082】

そこで、対物レンズ4では、温度収差の補正量を小さくするために、焦点距離を(8)式を満たすように設定し、さらに、温度収差の補正と色の球面収差の発生量とがそれぞれ(11)乃至(13)式を満たすように両者の間のバランスをとったので、高NAのプラスチック単レンズでありながら、対物レンズ1と同様に、温度収差と色の球面収差とが共に良好なレンズとなっている。

#### 【0083】

図4は、上記の対物レンズ1あるいは対物レンズ4を搭載した光ピックアップ装置（光情報記録再生装置）の構成を概略的に示す図である。光ピックアップ装置7は光源としての半導体レーザ8と、対物レンズ9とを有している。

#### 【0084】

半導体レーザ8は、波長400nm程度の波長の光を発生するGaN系青紫色半導体レーザである。また、波長400nm程度の波長の光を発生する光源としては上記のGaN系青紫色レーザのほかに、SHG青紫色レーザを用いてもよい

## 【0085】

対物レンズ9は、焦点距離が(2)式を満たすようなプラスチック単レンズ、図1の対物レンズ1又は図2の対物レンズ4のいずれかである。対物レンズ9は、光軸に対し垂直に延びた面を持つフランジ部9Aを有し、このフランジ部9Aにより、対物レンズ9を光ピックアップ装置7に精度よく取り付けることができる。また、対物レンズ9の光ディスク10側の開口数は0.80以上とされている。

## 【0086】

半導体レーザ8から射出された発散光束は、偏光ビームスプリッタ11を透過し、コリメートレンズ12、および1/4波長板13を経て円偏光の平行光束となった後、絞り14により光束径が規制され、対物レンズ9によって高密度DVDである光ディスク10の保護層10Aを介して情報記録面10B上に形成されるスポットとなる。対物レンズ9は、その周辺に配置されたアクチュエータ15によってフォーカス制御およびトラッキング制御される。

## 【0087】

情報記録面10Bで情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズ9、絞り14、1/4波長板13、およびコリメートレンズ12を透過した後、収斂光束となり、偏光ビームスプリッタ11によって反射され、シリンダリカルレンズ16、凹レンズ17を経ることによって非点収差が与えられ、光検出器18に収束する。そして、光検出器18の出力信号を用いて光ディスク10に記録された情報を読み取ることができる。

## 【0088】

次に、上述した実施の形態に好適な実施例を3例提示する。実施例1乃至3は情報の記録/再生に使用する波長が405nm、保護層の厚さが0.1mmの高密度DVD用の光ピックアップ装置に適用される対物レンズであり、実施例1は、(2)式を満たすように焦点距離を設定することで、温度収差と軸上色収差の発生量を小さく抑えたプラスチック単レンズであり、実施例2及び3は、いずれも第1面(光源側の光学面)に形成した輪帯構造の作用により温度収差を補正し

たプラスチック単レンズである。

【0089】

表4に実施例1の対物レンズのレンズデータを示し、表5に実施例2の対物レンズのレンズデータを示し、表6に実施例3の対物レンズのレンズデータを示す。表4、表5及び表6のレンズデータにおいて、 $r$  (mm)は曲率半径、 $d$  (mm)は面間隔、 $N_{405}$ は波長405 nmにおける屈折率、 $\nu_d$ はd線におけるアッペ数を表す。

【表4】

面番号	$r$ (mm)	$d$ (mm)	$N_{405}$	$\nu_d$	備考
0		$\infty$			光源
1	0.3353	0.6600	1.56013	56.7	対物レンズ
2	-0.3615	0.0762			
3	$\infty$	0.1000	1.61950	30.0	保護層
4	$\infty$				

非球面係数

	第1面	第2面
$\kappa$	-6.9542E-01	-1.7907E+01
A4	7.9891E-01	1.5728E+01
A6	1.3935E+00	-3.5161E+02
A8	3.3472E+01	3.4150E+03
A10	-7.8778E+01	-1.3187E+04
A12	-7.8324E+02	-5.2600E+02
A14	6.6992E+03	
A16	3.4753E+04	
A18	-1.9498E+05	
A20	-5.8872E+05	

【表 5】

面番号	r (mm)	d (mm)	N405	$\nu d$	備考 光源
0		$\infty$			
1	0.6157	1.1400	1.56013	56.7	対物レンズ
2	-0.9615	0.2018			
3	$\infty$	0.1000	1.61950	30.0	保護層
4	$\infty$				

非球面係数

	第1面	第2面
$k$	-6.3213E-01	-4.7996E+01
A4	5.0716E-02	1.7646E+00
A6	5.2621E-02	-9.5272E+00
A8	5.2319E-01	1.8626E+01
A10	-7.1277E-01	1.2599E+00
A12	-9.9374E-01	-4.0506E+01
A14	3.4591E+00	
A16	-2.1262E+00	
A18	3.3120E+00	
A20	-8.7979E+00	

回折面係数

	第1面
b2	-2.4634E-02
b4	-5.1397E-02
b6	5.7231E-02
b8	-9.6553E-02
b10	-4.4043E-02



【表6】

面番号	r (mm)	d (mm)	N405	$\nu d$	備考
0		$\infty$			光源
1	下表参照	0.7900	1.56013	56.7	対物レンズ
2	-0.5177	0.1190			
3	$\infty$	0.1000	1.61950	30.0	保護層
4	$\infty$				

非球面係数

輪帯番号	第1面					
	1	2	3	4	5	6
始点高さ (mm)	0.000	0.180	0.250	0.320	0.468	0.490
終点高さ (mm)	0.180	0.250	0.320	0.468	0.490	0.500
r (mm)	0.4098	0.4091	0.4088	0.4085	0.4091	0.4093
$\kappa$	-6.8225E-01	-6.8654E-01	-6.8173E-01	-6.4004E-01	-6.8027E-01	-6.8136E-01
A4	4.7569E-01	4.6142E-01	4.7673E-01	4.3957E-01	4.8637E-01	4.8269E-01
A6	-7.5261E-02	3.0402E-01	4.1806E-02	-7.5127E-01	-5.4146E-02	-6.5495E-02
A8	9.7904E+00	8.5608E+00	8.5753E+00	1.2831E+01	9.7795E+00	9.7619E+00
A10	-2.9021E+00	-8.6205E+00	1.3381E+00	-1.0574E+01	-3.3573E+00	-3.2629E+00
A12	-1.3130E+02	-1.3130E+02	-1.3130E+02	-1.3130E+02	-1.3131E+02	-1.3130E+02
A14	2.4202E+02	2.4202E+02	2.4202E+02	2.4202E+02	2.4202E+02	2.4201E+02
A16	2.2763E+03	2.2763E+03	2.2763E+03	2.2763E+03	2.2763E+03	2.2763E+03
A18	-2.2834E+03	-2.2834E+03	-2.2834E+03	-2.2834E+03	-2.2834E+03	-2.2834E+03
A20	-1.8263E+04	-1.8263E+04	-1.8263E+04	-1.8263E+04	-1.8263E+04	-1.8263E+04

第2面	
$\kappa$	-2.7583E+01
A4	5.6751E+00
A6	-6.8184E+01
A8	3.5710E+02
A10	-7.5179E+02
A12	-4.5183E+01
A14	
A16	
A18	
A20	

## 【0090】

実施例1は、入射光束径0.8mm、焦点距離 $f=0.47\text{mm}$ 、 $\text{NA}0.85$ 、設計基準波長405nm、設計基準温度25℃のプラスチック単レンズである。焦点距離を(2)式を満たすように設定したので、高NAのプラスチック単レンズでありながら、温度収差とモードホッピングが起こった際の波面収差が、表7に示すように、ともに良好なレンズとなっている。

【表7】

	温度収差(+30℃)	モードホッピング(+1nm)
実施例1	0.020 $\lambda$ rms	0.028 $\lambda$ rms

## 【0091】

なお、表 7 において、温度収差を計算する際には、プラスチックレンズの温度上昇に伴う屈折率の変化率を  $-9.0 \times 10^{-5}$  とし、温度上昇に伴う入射光の波長の変化率を  $+0.05 \text{ nm}/^\circ\text{C}$  とし、モードホッピングが起こった際の波面収差を計算する際には、青紫色半導体レーザのモードホッピングによる波長変化量を  $+1 \text{ nm}$  と仮定し、対物レンズのフォーカス位置は  $405 \text{ nm}$  の最良像面位置に固定されている。

#### 【0092】

実施例 1 の対物レンズに関して、 $\Delta W$  ((3) 式) の値は、 $W(\lambda_0, T_0) = 0.001 \lambda_{\text{rms}}$  ( $\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ )、 $W(\lambda_0, T_1) = 0.020 \lambda_{\text{rms}}$  ( $\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T_1 = 55^\circ\text{C}$ ) であるので、 $\Delta W = 0.019 \lambda_{\text{rms}}$  である。また、 $\Delta f_B$  ((5) 式) の値は、 $f_B(\lambda_0, T_0) = 0.0762 \text{ mm}$  ( $\lambda_0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ )、 $f_B(\lambda_1, T_0) = 0.0766 \text{ mm}$  ( $\lambda_1 = 410 \text{ nm}$ 、 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ ) であるので、 $\Delta f_B = 0.0004 \text{ mm}$  である。ただし、本明細書においてバックフォーカス  $f_B$  とは、図 5 に示すように、対物レンズの光情報記録媒体側の光学面  $S_2$  と、光情報記録媒体の光束入射面  $S_{IN}$  との光軸上の間隔を指す。

#### 【0093】

実施例 2 は、入射光束径  $1.5 \text{ mm}$ 、焦点距離  $f = 0.88 \text{ mm}$ 、 $NA 0.85$ 、設計基準波長  $405 \text{ nm}$ 、設計基準温度  $25^\circ\text{C}$  のプラスチック単レンズであり、上述した実施の形態における対物レンズ 1 として好適な対物レンズである。実施例 2 の対物レンズの第 1 面には、表 8 に示すように、その境界で光軸方向に約  $0.7 \mu\text{m}$  乃至  $1.2 \mu\text{m}$  の段差  $\Delta$  を持つ回折構造としての輪帯構造が、有効径内で 80 本形成されており、この輪帯構造に青紫色半導体レーザからのレーザ光が入射すると、1 次回折光が最大の回折光量を有するように発生し（すなわち、この輪帯構造は波長  $405 \text{ nm}$ 、回折次数 1 で最適化されている）、この輪帯構造の回折作用により温度収差を良好に補正している。

【表8】

輪帯番号	始点高さ(mm)	終点高さ(mm)	輪帯番号	始点高さ(mm)	終点高さ(mm)
1	0.000	0.126	41	0.619	0.624
2	0.126	0.176	42	0.624	0.629
3	0.176	0.213	43	0.629	0.633
4	0.213	0.243	44	0.633	0.638
5	0.243	0.269	45	0.638	0.642
6	0.269	0.291	46	0.642	0.647
7	0.291	0.312	47	0.647	0.651
8	0.312	0.330	48	0.651	0.655
9	0.330	0.347	49	0.655	0.659
10	0.347	0.363	50	0.659	0.663
11	0.363	0.378	51	0.663	0.667
12	0.378	0.392	52	0.667	0.671
13	0.392	0.406	53	0.671	0.675
14	0.406	0.418	54	0.675	0.678
15	0.418	0.430	55	0.678	0.682
16	0.430	0.441	56	0.682	0.685
17	0.441	0.452	57	0.685	0.689
18	0.452	0.463	58	0.689	0.692
19	0.463	0.473	59	0.692	0.695
20	0.473	0.482	60	0.695	0.699
21	0.482	0.491	61	0.699	0.702
22	0.491	0.500	62	0.702	0.705
23	0.500	0.509	63	0.705	0.708
24	0.509	0.517	64	0.708	0.711
25	0.517	0.525	65	0.711	0.714
26	0.525	0.533	66	0.714	0.717
27	0.533	0.540	67	0.717	0.719
28	0.540	0.547	68	0.719	0.722
29	0.547	0.554	69	0.722	0.725
30	0.554	0.561	70	0.725	0.727
31	0.561	0.568	71	0.727	0.730
32	0.568	0.574	72	0.730	0.733
33	0.574	0.580	73	0.733	0.735
34	0.580	0.586	74	0.735	0.738
35	0.586	0.592	75	0.738	0.740
36	0.592	0.598	76	0.740	0.743
37	0.598	0.603	77	0.743	0.745
38	0.603	0.609	78	0.745	0.747
39	0.609	0.614	79	0.747	0.750
40	0.614	0.619	80	0.750	0.752

【0094】

実施例2の対物レンズに関して、 $\Delta W1$  ((9)式)の値は、 $W(\lambda 0, T0) = 0.001 \lambda \text{rms}$  ( $\lambda 0 = 405 \text{nm}$ 、 $T0 = 25^\circ\text{C}$ )、 $W(\lambda 2, T1) = 0.020 \lambda \text{rms}$  ( $\lambda 2 = 406.5 \text{nm}$ 、 $T1 = 55^\circ\text{C}$ )であるので、 $\Delta W1 = 0.019 \lambda \text{rms}$ である。また、 $\Delta W2$  ((10)式)の値は、 $W(\lambda 0, T0) = 0.001 \lambda \text{rms}$  ( $\lambda 0 = 405 \text{nm}$ 、 $T0 = 25^\circ\text{C}$ )、 $W(\lambda 1, T0) = 0.022 \lambda \text{rms}$  ( $\lambda 2 = 410 \text{nm}$ 、 $T0 = 25^\circ\text{C}$ )である

ので、 $\Delta W2 = 0.021 \lambda \text{ rms}$ である。

### 【0095】

実施例3は、入射光束径1.0mm、焦点距離 $f = 0.59 \text{ mm}$ 、 $\text{NA} 0.8$ 、設計基準波長405nm、設計基準温度25℃のプラスチック単レンズであり、上述した実施の形態における対物レンズ4として好適な対物レンズである、実施例3の対物レンズの第1面は、表9に示すように、その境界で光軸方向に約 $1.5 \mu\text{m}$ 乃至 $2.3 \mu\text{m}$ の段差 $\Delta$ を持つ輪帯構造が、有効径内で6本形成されており、この輪帯構造の作用により温度収差を良好に補正している。

【表9】

	温度収差(+30℃)	色の球面収差(+5nm)
実施例2	$0.020 \lambda \text{ rms}$	$0.022 \lambda \text{ rms}$
実施例3	$0.015 \lambda \text{ rms}$	$0.015 \lambda \text{ rms}$

### 【0096】

実施例3の対物レンズに関して、 $\Delta W1$  ((9)式)の値は、 $W(\lambda 0, T0) = 0.002 \lambda \text{ rms}$  ( $\lambda 0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T0 = 25^\circ\text{C}$ )、 $W(\lambda 2, T1) = 0.015 \lambda \text{ rms}$  ( $\lambda 2 = 406.5 \text{ nm}$ 、 $T1 = 55^\circ\text{C}$ )であるので、 $\Delta W1 = 0.013 \lambda \text{ rms}$ である。また、 $\Delta W2$  ((10)式)の値は、 $W(\lambda 0, T0) = 0.002 \lambda \text{ rms}$  ( $\lambda 0 = 405 \text{ nm}$ 、 $T0 = 25^\circ\text{C}$ )、 $W(\lambda 1, T0) = 0.015 \lambda \text{ rms}$  ( $\lambda 2 = 410 \text{ nm}$ 、 $T0 = 25^\circ\text{C}$ )であるので、 $\Delta W2 = 0.013 \lambda \text{ rms}$ である。

### 【0097】

実施例2と実施例3の対物レンズはともに、温度収差の補正量を小さくするために、焦点距離を(8)式を満たすように設定し、さらに、温度収差の補正と色の球面収差の発生量とがそれぞれ(11)乃至(13)式を満たすように両者の間のバランスをとった設計となっているので、高NAのプラスチック単レンズでありながら、温度収差と色の球面収差とが、表9に示すように、ともに良好なレンズとなっている。

### 【0098】

尚、表 9 において、温度収差を計算する際には、プラスチックレンズの温度上昇に伴う屈折率の変化率を  $-9.0 \times 10^{-5}$  とし、温度上昇に伴う入射光の波長の変化率を  $+0.05 \text{ nm/}^\circ\text{C}$  としている。

#### 【0099】

#### 【発明の効果】

本発明によれば、高 NA の対物レンズを使用する光ピックアップ装置の対物レンズとして適用可能なプラスチック単レンズであって、利用可能な温度範囲が十分に広く、かつ、光源のモードホッピングによる集光性能の劣化の小さいプラスチック単レンズを提供し、それにより高性能な光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置を提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本実施の形態の対物レンズ 1 を示す概略図である。

##### 【図 2】

本実施の形態の対物レンズ 4 を示す概略図である。

##### 【図 3】

非球面である 2 つの光学面を有する両凸のプラスチック単レンズの、設計基準温度から  $30^\circ\text{C}$  温度が上昇した場合の波面の様子を表す図である。

##### 【図 4】

光ピックアップ装置（光情報記録再生装置）の構成を概略的に示す図である。

##### 【図 5】

バックフォーカス  $f_B$  を説明するための図である。

#### 【符号の説明】

- 1, 4 対物レンズ
- 8 半導体レーザ
- 10 光ディスク
- 12 コリメートレンズ
- 13  $1/4$  波長板
- 15 アクチュエータ

1 6 シリンドリカルレンズ

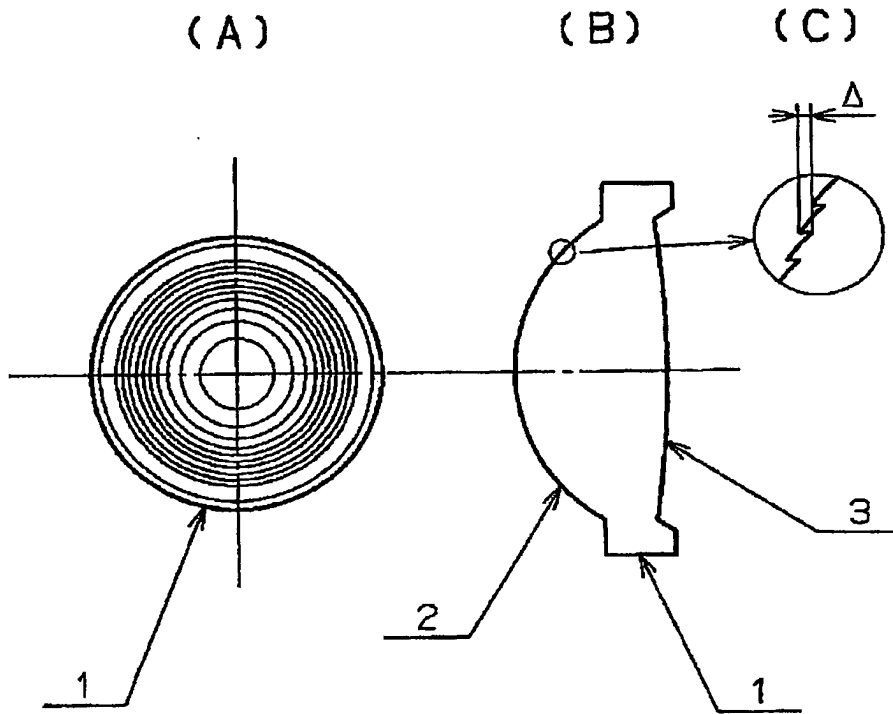
1 7 凹レンズ

1 8 光検出器

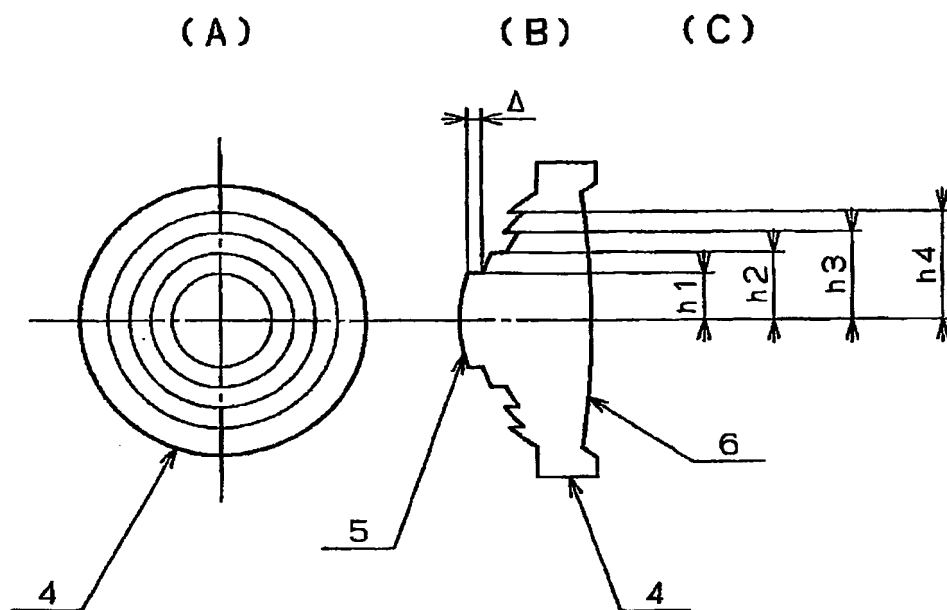
【書類名】

図面

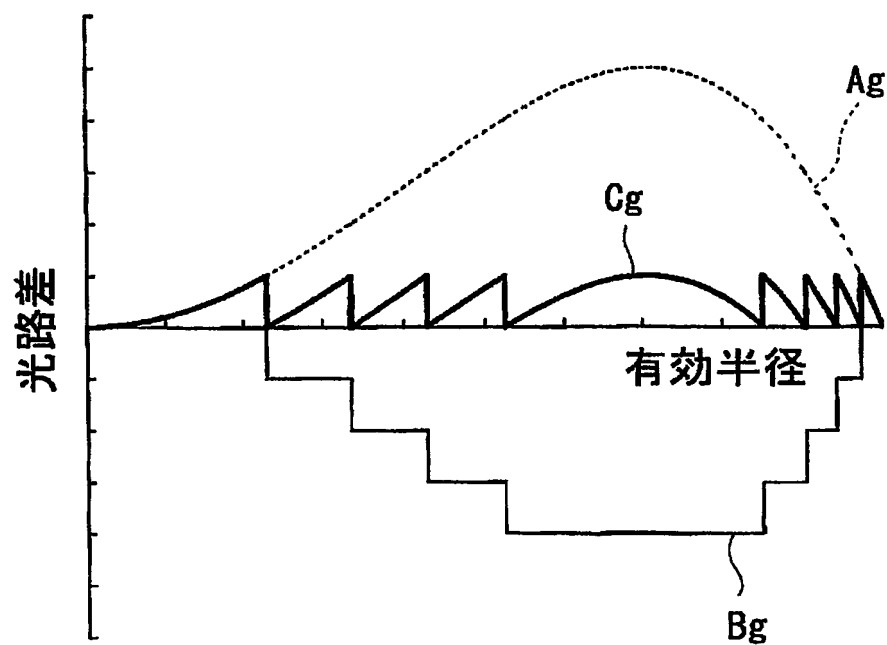
【図 1】



【図 2】

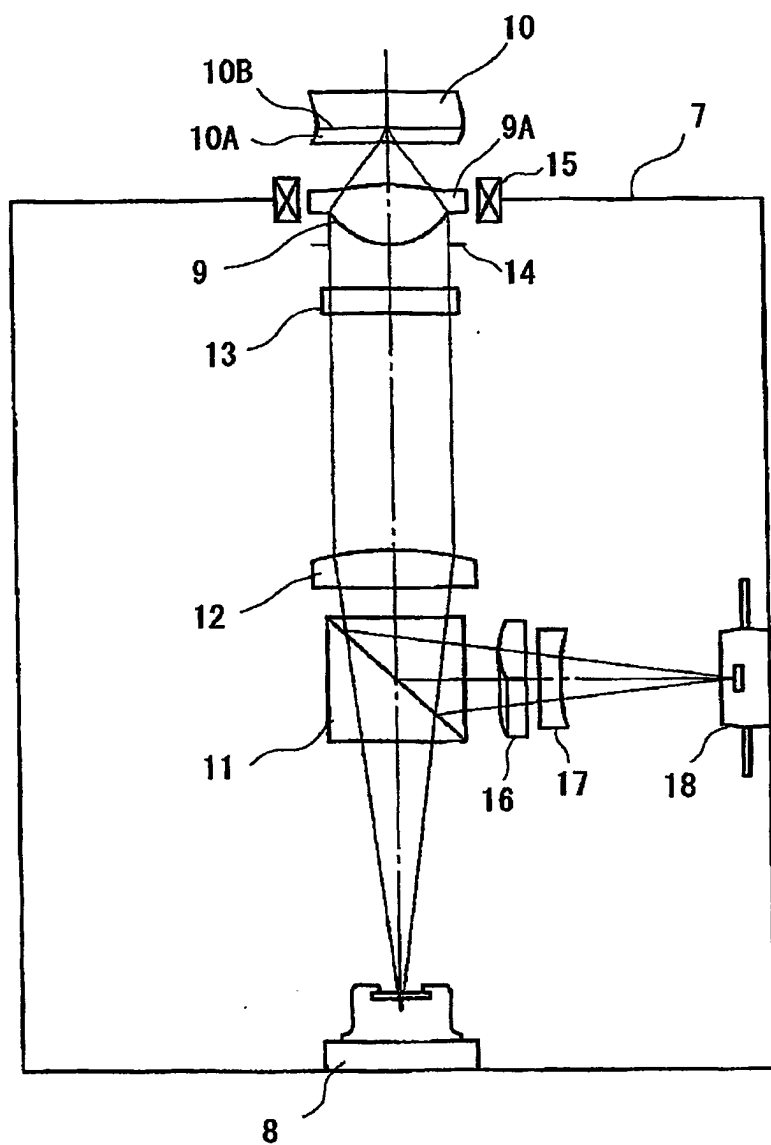


【図 3】

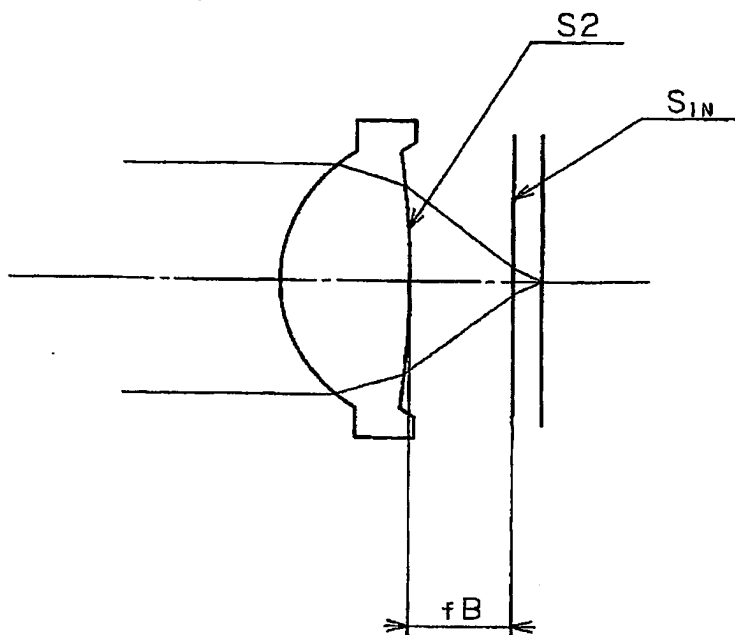




【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

高NAの対物レンズを使用する光ピックアップ装置の対物レンズとして適用可能なプラスチック単レンズであって、利用可能な温度範囲が十分に広く、かつ、光源のモードホッピングによる集光性能の劣化の小さいプラスチック単レンズを提供し、それにより高性能な光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置を提供する。

【解決手段】

対物レンズにおいて、焦点距離の上限を定めることで、高NAのプラスチック単レンズであっても、温度収差が大きくなりすぎないようにしている。更に、屈折型のプラスチック単レンズでは、温度収差を完全にゼロとするのは不可能であるが、焦点距離が上限を越えないようにすることで、光ピックアップ装置における実使用上の温度範囲内の温度収差を許容範囲内に抑えることができる。一方、焦点距離を小さくすることは、温度収差の補正量という観点からは有利となるが、焦点距離が小さくなりすぎると、作動距離や像高特性という観点からは不利となる。高NA対物レンズの設計においては、作動距離の確保は光情報記録媒体との衝突を防ぐうえで非常に重要な問題であり、焦点距離が小さくなりすぎると、その分作動距離が失われるので好ましくない。また、相対的に焦点距離が大きい対物レンズと、同じ像高を得ようとする、相対的に焦点距離が小さい対物レンズへの入射角度が大きくなるので非点収差やコマ収差が劣化する。従って、対物レンズの焦点距離を小さくするのは、像高特性の観点からも好ましくないといえる。そこで、焦点距離の下限を定めることで、必要十分な作動距離と像高特性を確保した。

【選択図】 図1

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-248207
受付番号	50201276451
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成14年 9月 4日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【提出日】	平成14年 8月28日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 2 - 2 4 8 2 0 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 2 7 0 ]

1. 変更年月日            1 9 9 0 年   8 月 1 4 日  
  [変更理由]            新規登録  
    住 所                東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 6 番 2 号  
    氏 名                コニカ株式会社
  
2. 変更年月日            2 0 0 3 年   8 月   4 日  
  [変更理由]            名称変更  
    住 所                東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 6 番 2 号  
    氏 名                コニカミノルタホールディングス株式会社
  
3. 変更年月日            2 0 0 3 年   8 月 2 1 日  
  [変更理由]            住所変更  
    住 所                東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号  
    氏 名                コニカミノルタホールディングス株式会社